

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2011/2012 Academic Session

June 2012

## **EAS 454/4 – Advanced Structural Engineering** *[Kejuruteraan Struktur Lanjutan]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of **EIGHTEEN (18)** pages of printed material including 1 appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN BELAS (18)** muka surat yang bercetak termasuk 1 lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions** : This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **LIMA (5)** questions.

**Arahan** : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris].*

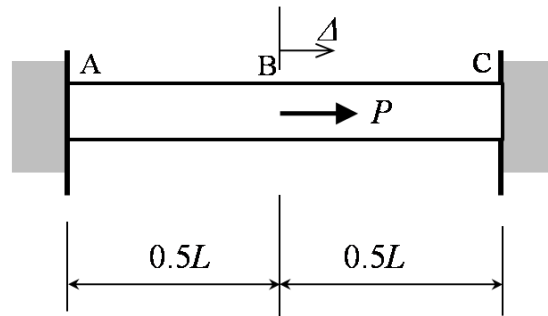
All questions **MUST BE** answered on a new page.

*[Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru].*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].*

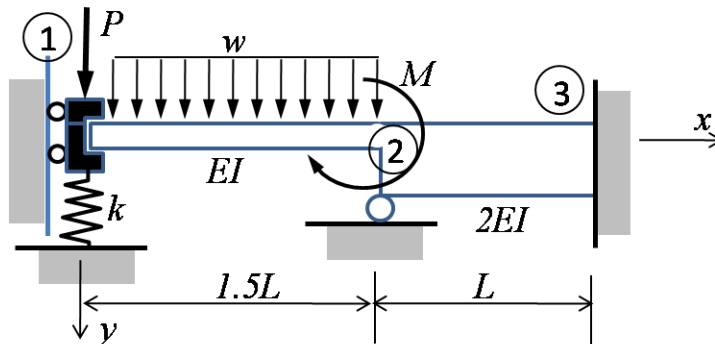
1. (a) State the **THREE (3)** basic relations needed for solving completely a structural mechanics problem. Using the three basic relations, derive the relation between  $P$  and  $\Delta$  for the linearly elastic prismatic bar shown in **Figure 1**; where  $P$  is the horizontal load applied at B and  $\Delta$  is the horizontal displacement of point B. Both points A and C are fixed. Modulus of elasticity and cross-sectional area of the bar are given as  $E$  and  $A$ , respectively.



**Figure 1**

[6 marks]

- (b) **Figure 2** shows a stepped beam 1-2-3. Support at point 1 is restrained from rotation and translation in axial direction. It is free to translate in vertical direction. Points 2 and 3 are roller support and fixed support, respectively. Span 1-2 is loaded with a UDL of intensity  $w$ . A point load  $P$  and couple  $M$  act at points 1 and 2, respectively.



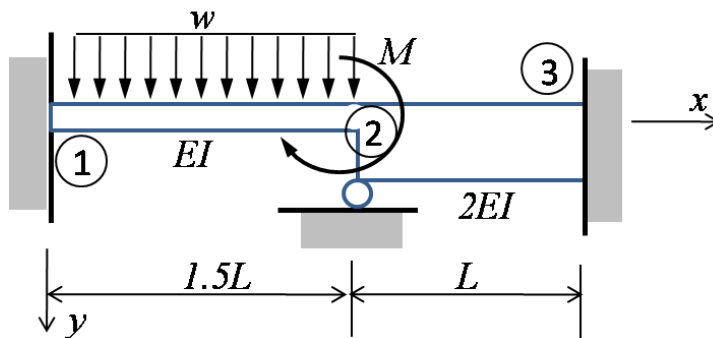
**Figure 2**

Using matrix method of analysis,

- (i) Assemble the global stiffness matrix  $\mathbf{K}$ ,
- (ii) Obtain the global load vector  $\mathbf{F}$ ,
- (iii) Write down the global displacement vector  $\mathbf{D}$ . Use the symbols  $d$  and  $\theta$  to represent vertical displacement and rotation, respectively. Use right superscript to denote node number.

If the support condition of the beam at point 1 is changed to fixed type as shown in **Figure 3**, evaluate the rotation at node 2.

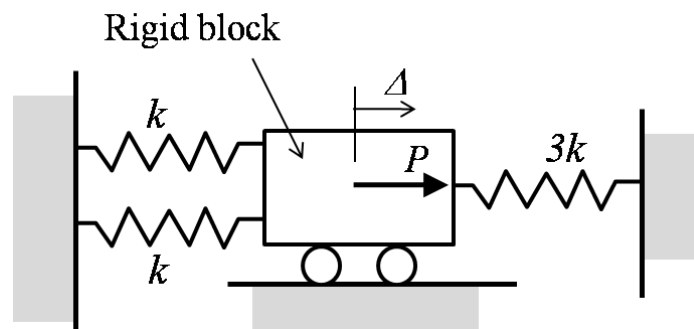
[14 marks]



**Figure 3**

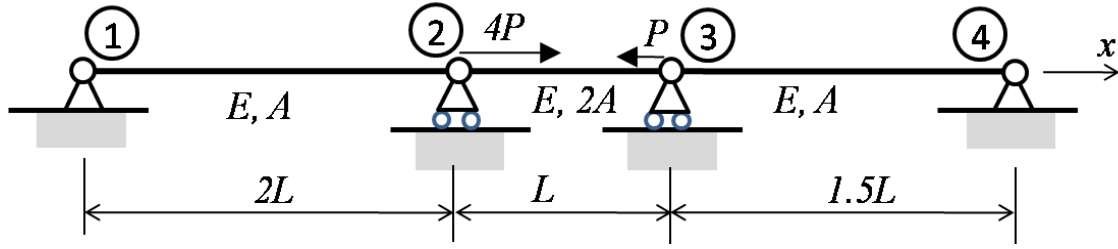
2. (a) Principle of minimum potential energy (PMPE) is used in the derivation of stiffness equation for linear analysis in finite element method. Using PMPE, derive the stiffness equation for the problem shown in **Figure 4**.

[4 marks]



**Figure 4**

- (b) Solve the bar problem shown in **Figure 5** using finite element method.



**Figure 5**

Determine:

- (i) axial displacement at nodes 2 and 3
- (ii) axial stress in element 2-3

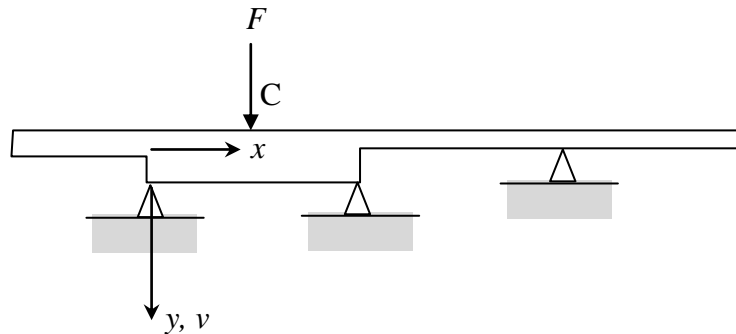
[12 marks]

- (c) Starting from expression of potential energy of external load and expression for displacement field  $v$  in terms of nodal displacement  $\mathbf{d}$ , show that the point load  $F$  as shown in **Figure 6** can be represented using the following equivalent nodal force vector or consistent nodal force vector  $\mathbf{Q}$ :

$$\mathbf{Q} = \mathbf{N}_c^T \mathbf{F}$$

where  $\mathbf{N}_c$  : row matrix of displacement function evaluated at point C where point load  $F$  acts.

[4 marks]



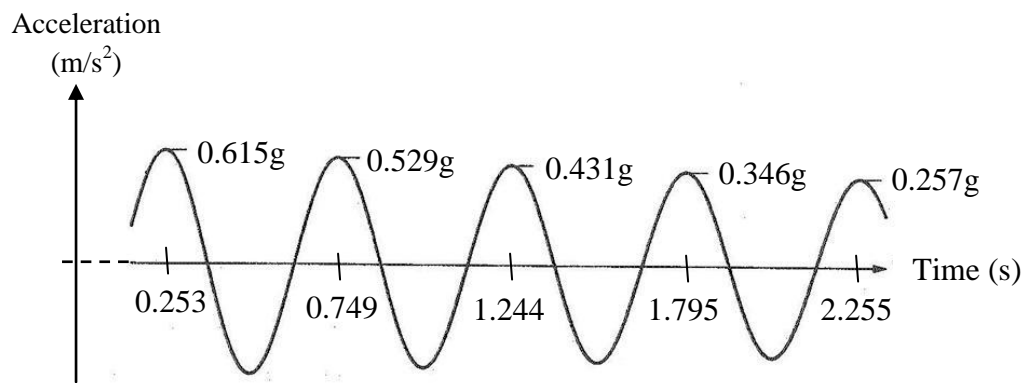
**Figure 6**

3. (a) (i) Explain the procedure to determine the natural frequency / period and damping ratio of a structure using free vibration test.

[5 marks]

- (ii) **Figure 7** shows the acceleration time-plot from free vibration test on a single storey building. Determine the natural period and damping ratio of the building.

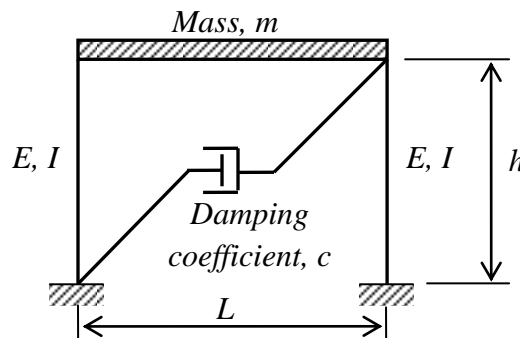
[2 marks]



**Figure 7**

- (b) (i) Formulate the equation of motion for a single-degree-of-freedom system as shown in **Figure 8**.  $E$  and  $I$  are the modulus of elasticity and moment of inertia, respectively. List **TWO (2)** assumptions made in the formulation.

[3 marks]



**Figure 8**

- (ii) If a lateral force of 80 kN is applied on the girder, the lateral displacement produced is 50 mm. Given the mass of girder is 2000 kg,  $E = 200$  GPa,  $I = 9 \times 10^{-6} \text{ m}^4$ ,  $h = 3$  m,  $L = 4.5$  m and neglecting the mass of two supporting columns, determine:

- Natural frequency of vibration  $f$  in Hertz,
- Damping ratio  $\xi$ , if the amplitude of vibration after four complete cycles is 30 mm,
- Time taken for the amplitude of vibration to decrease to 50 % of the initial amplitude,
- Displacement and velocity at  $t = 10$  seconds if the system is set into free vibration with the initial displacement of 20 mm and initial velocity of 10 mm/s.

[10 marks]

4. (a) Explain briefly **THREE (3)** direct or indirect effects of earthquake on civil engineering structures.

[6 marks]

- (b) As a structural engineer, you are requested to design an earthquake-resistant building in Pulau Pinang. List **THREE (3)** proper systems or configurations for the superstructure.

[3 marks]

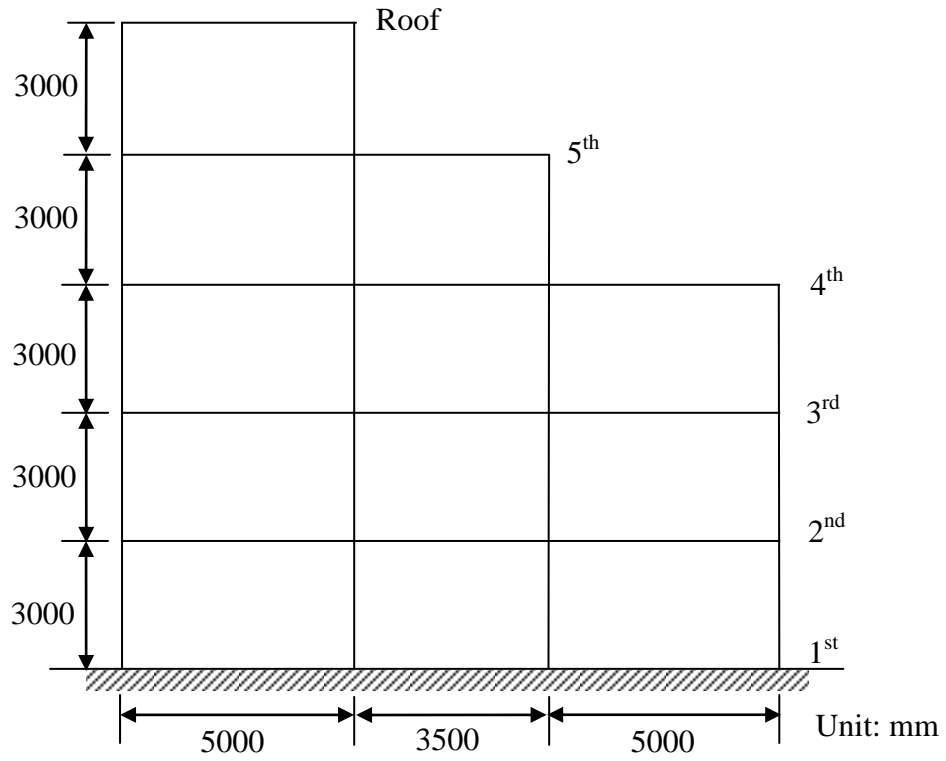
- (c) A steel building as shown in **Figure 9** will be constructed on a piece of land categorized as soil type  $S_C$ . The office building is located in seismic zone 2B. It is designed as an ordinary moment resisting framed building. The dead load is 18 kN/m for the roof level and 25 kN/m for the floor level.

Using the relevant sections of the UBC 1997,

- (i) Determine whether the building is regular or irregular based on the available data.
- (ii) Determine the seismic base shear.

- (iii) Distribute the seismic base shear over the height of the building and sketch the seismic loading acting on the building on a diagram.

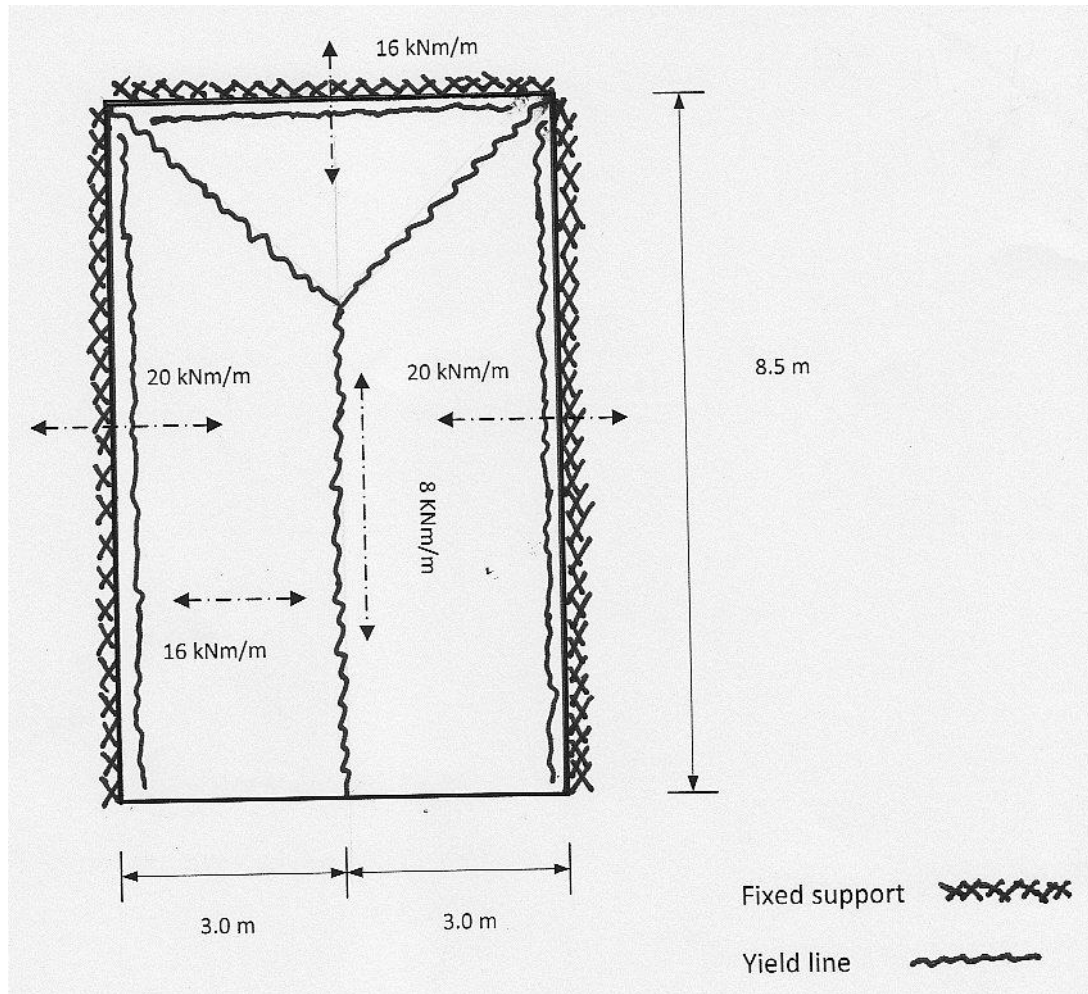
[11 marks]



**Figure 9**

5. **Figure 10** shows a reinforced concrete slab carrying an ultimate load. Given the yield line pattern as shown in the figure, calculate the intensity of uniformly distributed load which may collapse the reinforced concrete slab.

[20 marks]



**Figure 10**

6. (a) Briefly describe **FOUR (4)** factors influencing wind loads calculation in codes of practice.
- (b) A six-storey RC building as shown in **Figure 11** is situated in Cameron Highland with terrain category 2. Calculate the value of design wind pressure on the windward surface at the height of 20 m from the ground. Design data can be extracted from MS1553 (2002).

[8 marks]

[12 marks]

..9/-



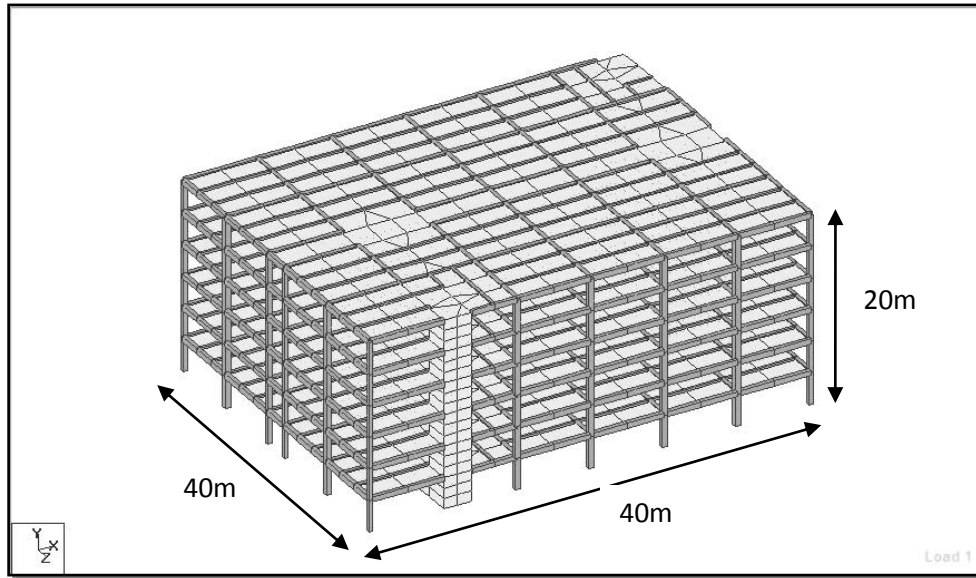


Figure 11

7. (a) Describe (i) Braced Frame Structures, (ii) Infilled Frame Structures, (iii) Flat-Plate and Flat-Slab Structures and (iv) Waffle Flat Slabs, as structural form and floor systems in a high-rise building.

[8 marks]

- (b) **Figure 12** shows a continuous beam forming part of a rigid frame. Determine the maximum moment at each support and the maximum mid-span moments using two-cycle moment distribution method.

[12 marks]

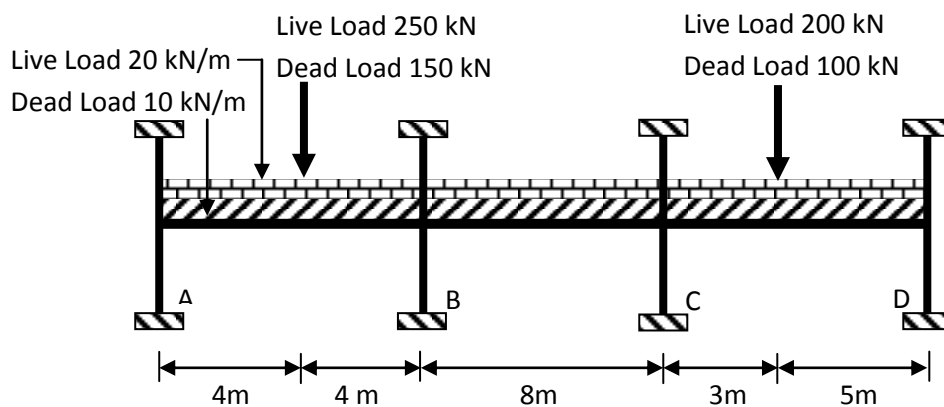
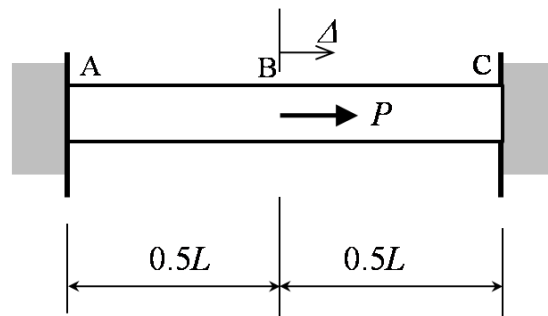


Figure 12

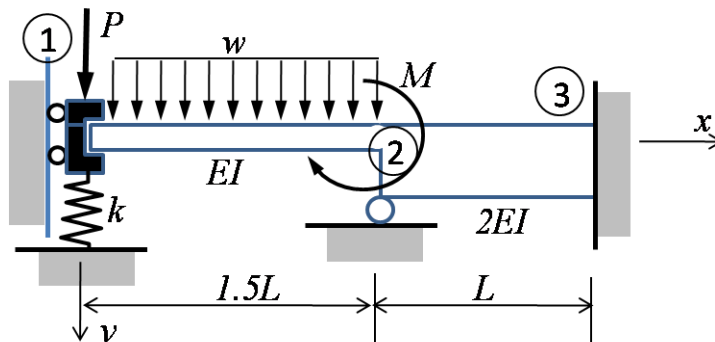
1. (a) Nyatakan **TIGA (3)** hubungan asas yang diperlukan untuk menyelesaikan satu masalah mekanik struktur dengan sepenuhnya. Dengan menggunakan tiga hubungan asas di atas, terbitkan hubungan antara  $P$  dan  $\Delta$  untuk bar prismatik yang dibuat daripada bahan anjal lurus seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**; di mana  $P$  ialah beban ufuk yang dikenakan pada  $B$  dan  $\Delta$  ialah anjakan ufuk titik  $B$ . Kedua-dua titik  $A$  dan  $C$  adalah penyokong jenis tetap. Modulus keanjalan dan luas keratan adalah masing-masing sama dengan  $E$  dan  $A$ .

[6 markah]



**Rajah 1**

- (b) **Rajah 2** menunjukkan satu rasuk pelbagai keratan 1-2-3. Penyokong di titik 1 dikekang daripada berputar dan beranjak dalam arah paksi. Titik 1 adalah bebas beranjak dalam pugak. Titik 2 dan titik 3 ialah penyokong jenis rola dan jenis pin masing-masing. Rentang 1-2 dibeban dengan satu beban teragih seragam dengan keamatan  $w$ . Satu beban tertumpu  $P$  dan momen tertumpu  $M$  bertindak di titik 1 dan titik 2.

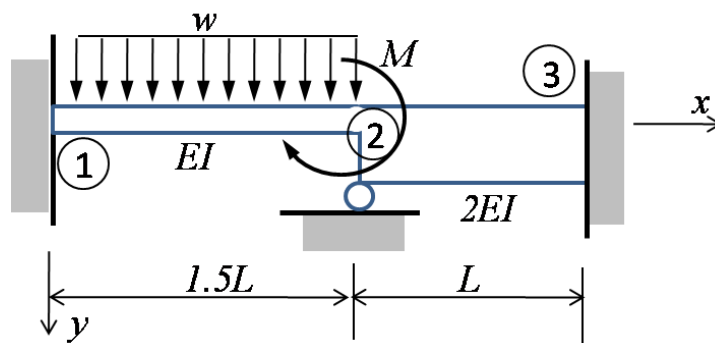


**Rajah 2**

Dengan menggunakan kaedah matrik,

- (i) Bina matrik kekukuhan global  $\mathbf{K}$ ,
- (ii) Dapatkan vektor beban global  $\mathbf{F}$ ,
- (iii) Tuliskan vektor anjakan global  $\mathbf{D}$ . Guna simbol  $d$  dan  $\theta$  untuk mewakili anjakan pugak dan kecerunan masing-masing; dan “right superscript” untuk mewakili nombor nod.

Sekiranya keadaan penyokong rasuk di titik 1 ditukar kepada jenis tegar seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**, tentukan kecerunan di nod 2.

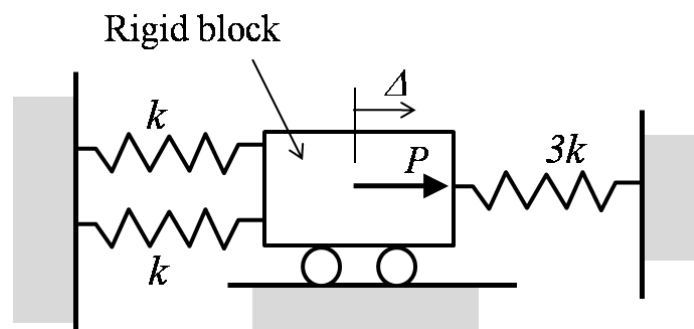


**Rajah 3**

[14 markah]

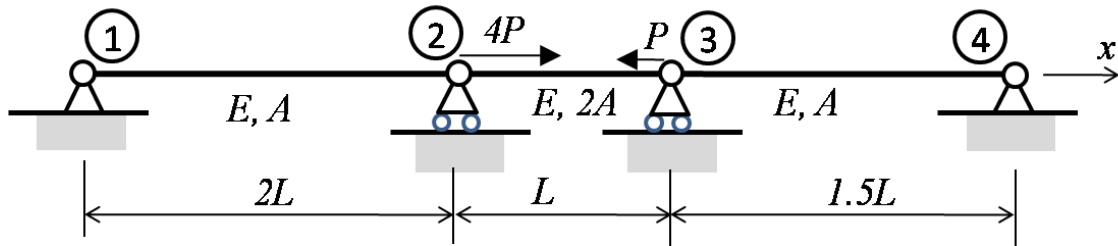
2. (a) Prinsip Tenaga Keupayaan Minimum (PMPE) digunakan dalam penerbitan persamaan kekukuhan untuk analisa lurus dalam kaedah elemen terhingga. Dengan menggunakan PMPE, terbitkan persamaan kekukuhan untuk masalah yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**.

[4 markah]



**Rajah 4**

- (b) Selesaikan masalah bar dalam **Rajah 5** dengan menggunakan kaedah elemen terhingga.



**Rajah 5**

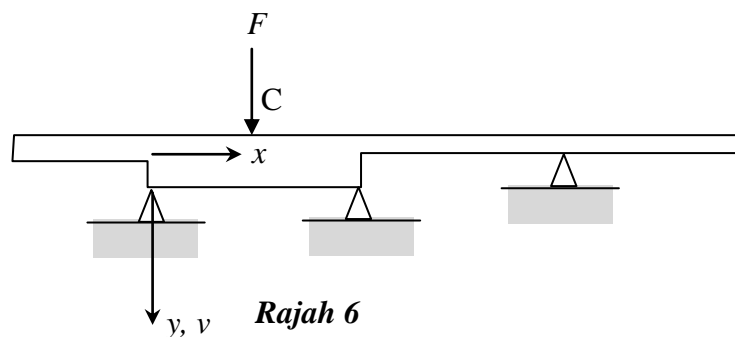
[12 markah]

- (c) Bermula dari persamaan untuk tenaga keupayaan untuk beban luar dan persamaan untuk medan sesaran  $v$  dalam sebutan anjakan nod  $d$ , buktikan bahawa beban tertumpu  $F$  seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6** boleh diwakili oleh persamaan vektor beban nod setara atau vector beban nod konsisten  $Q$  seperti yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah:

$$Q = N_c^T F$$

di mana  $N_c$  : matrik baris untuk fungsi sesaran yang dinilai di titik  $C$  di mana beban tertumpu  $F$  bertindak.

[4 markah]



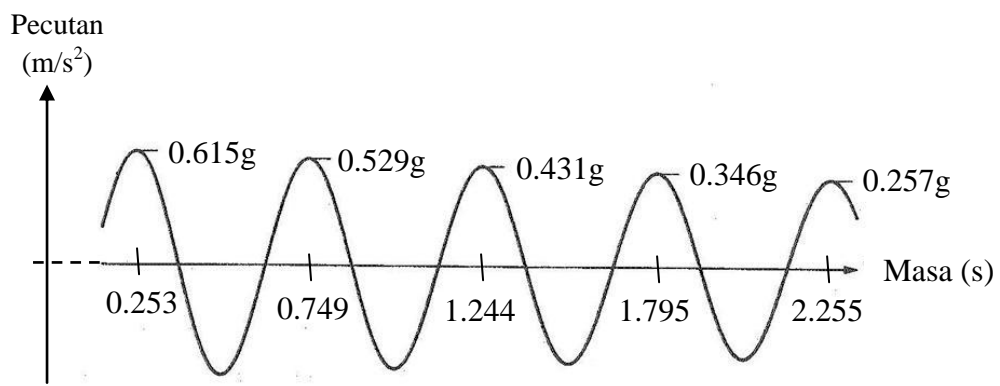
**Rajah 6**

3. (a) (i) *Jelaskan langkah untuk menentukan frekuensi/tempoh tabii dan nisbah redaman sesuatu struktur dengan menggunakan ujian gegaran bebas.*

[5 markah]

- (ii) **Rajah 7** menunjukkan plot masa untuk pecutan daripada ujian gegaran bebas untuk bangunan setingkat. Tentukan tempoh tabii dan nisbah redaman struktur berkenaan.

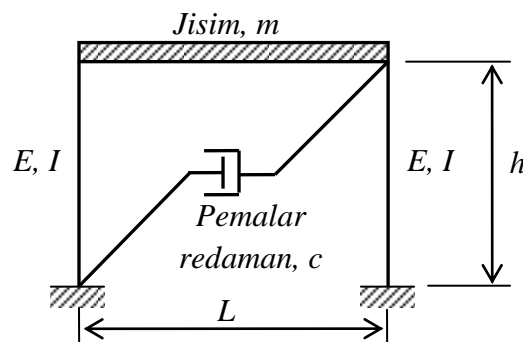
[4 markah]



**Rajah 7**

- (b) (i) *Terbitkan persamaan gerakan untuk sistem satu darjah kebebasan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8.  $E$  dan  $I$  ialah modulus keanjalan dan momen inersia. Senaraikan **DUA** (2) andaian yang dibuat dalam penerbitan persamaan ini.*

[4 markah]



**Rajah 8**

(ii) Jika daya sisi sebanyak 80 kN dikenakan ke atas galang, anjakan sisi sebanyak 50 mm dihasilkan. Diberikan jisim galang ialah 2000 kg,  $E = 200 \text{ GPa}$ ,  $I = 9 \times 10^{-6} \text{ m}^4$  dan abaikan jisim kedua-dua tiang sokongan, tentukan:

- Frekuensi tabii getaran  $f$  dalam unit Hertz,
- Nisbah redaman  $\xi$ , jika amplitud getaran selepas empat kitaran penuh ialah 30 mm,
- Masa yang diambil untuk amplitud getaran dikurangkan ke 50 % daripada amplitud asal, dan
- Pesongan dan halaju pada masa  $t = 10$  saat jika sistem itu dimulakan dengan getaran bebas dengan pesongan awal sebanyak 20 mm dan halaju awal sebanyak 10 mm/s.

[7 markah]

4. (a) Jelaskan secara ringkas **TIGA (3)** kesan langsung atau tidak langsung gempa bumi ke atas struktur kejuruteraan awam.

[6 markah]

(b) Sebagai seorang jurutera struktur, anda diminta untuk merekabentuk sebuah bangunan tahan gempa bumi di Pulau Pinang. Senaraikan **TIGA (3)** sistem atau konfigurasi yang sesuai untuk superstruktur.

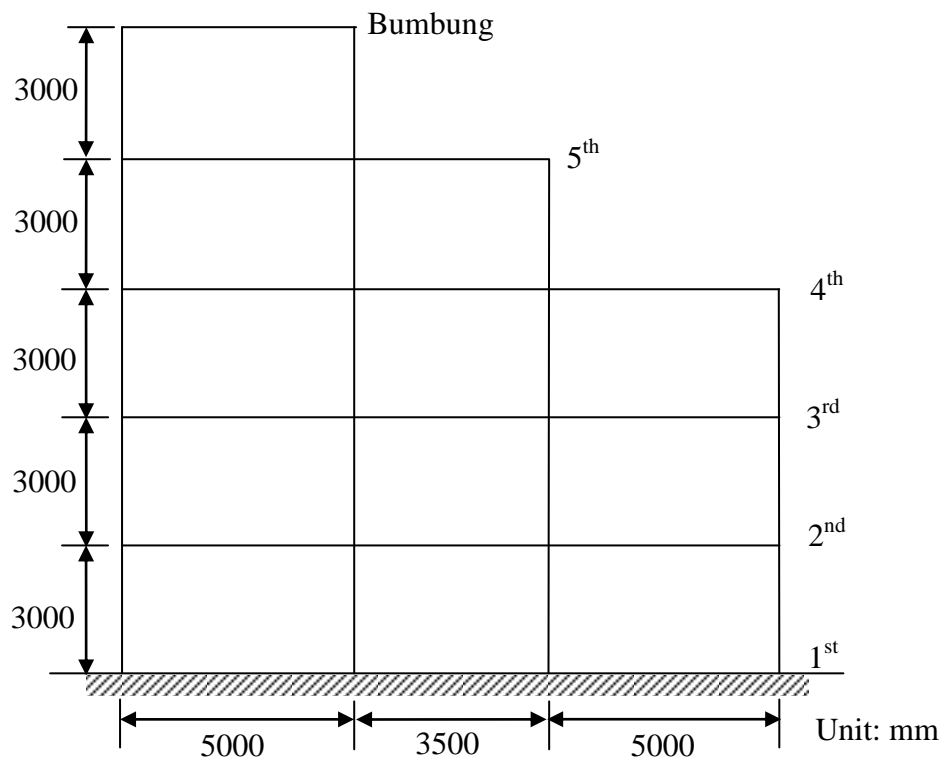
[3 markah]

(c) Sebuah bangunan keluli seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 9** akan didirikan di atas sebidang tanah yang dikelaskan sebagai jenis tanah  $S_C$ . Bangunan ini berada di zon seismic 2B. Bangunan pejabat ini direkabentuk sebagai bangunan berkerangka terintang momen biasa. Beban mati di tingkat bumbung ialah 18 kN/m dan di tingkat lantai lain ialah 25 kN/m.

Gunakan bahagian-bahagian dalam UBC 1997 yang berkaitan,

- (i) Tentukan sama ada bangunan ini regular atau tidak dengan data yang ada.
- (ii) Tentukan ricih tapak seismik.
- (iii) Agihkan ricih tapak seismik ke seluruh ketinggian bangunan dan lakarkan beban gempa bumi yang dikenakan ke atas bangunan dalam satu gambarajah.

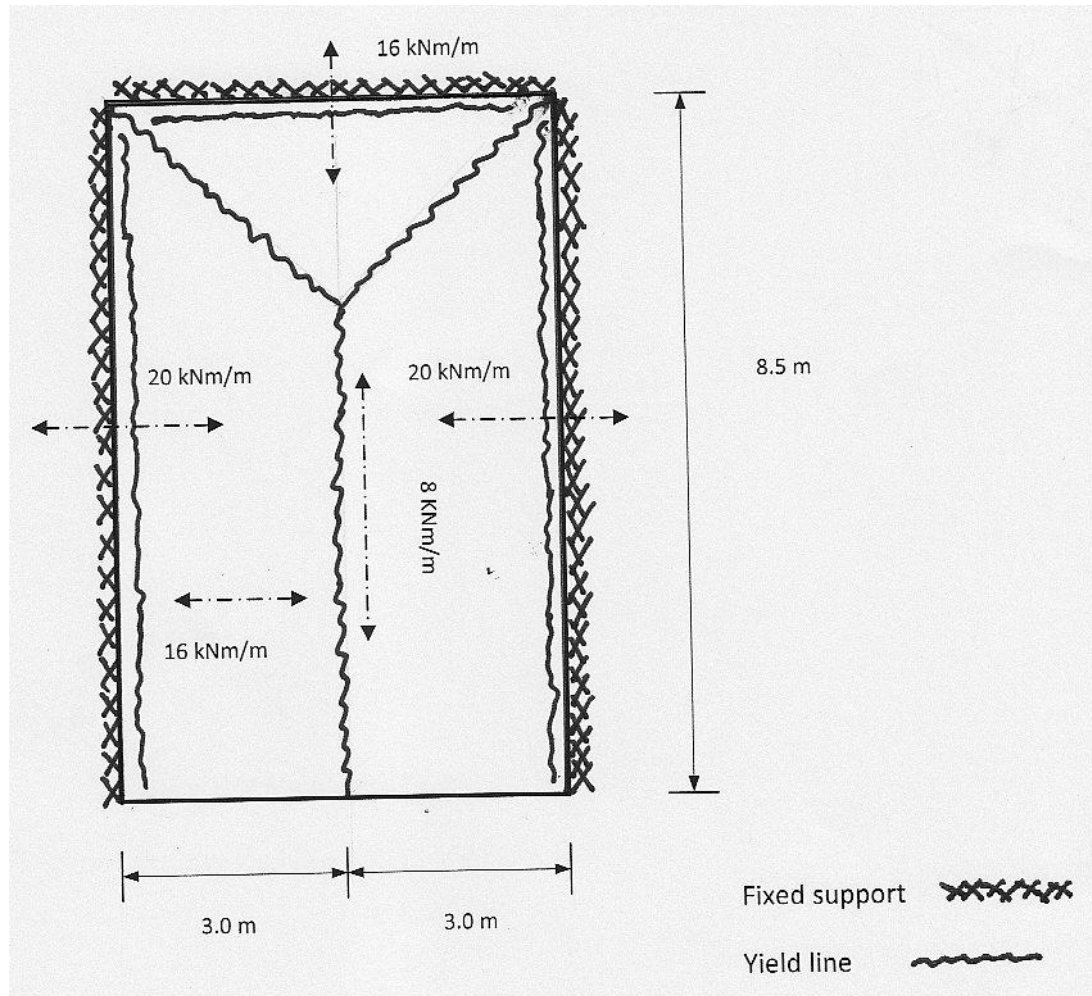
[11 markah]



**Rajah 9**

5. **Rajah 10** menunjukkan lantai konkrit bertetulang membawa beban muktamad. Diberi corak garis alah seperti yang ditunjukkan dalam rajah, kirakan keamanan beban teragih seragam yang mungkin akan meruntuhkan lantai konkrit bertetulang tersebut.

[20 markah]



**Rajah 10**

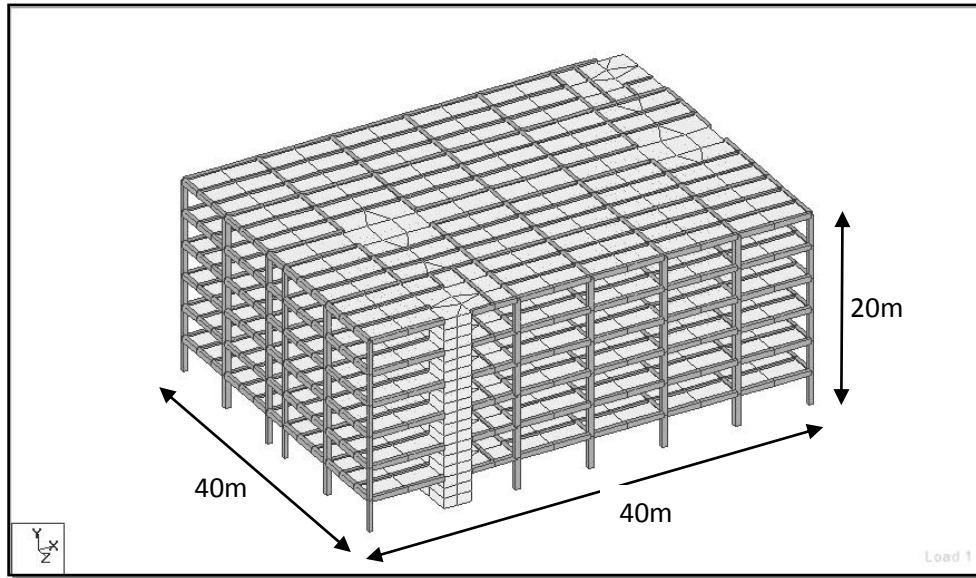
6. (a) Nyatakan **EMPAT (4)** faktor yang mempengaruhi pengiraan nilai beban angin dalam kod piawaian.

[8 markah]

- (b) Sebuah bangunan konkrit bertetulang 6 tingkat di Cameron Highland berada dalam kategori rupa bumi 2 seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 11**. Kira nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan arah angin di ketinggian 20 m. Data rekabentuk boleh diperolehi dari MS1553 (2002).

[12 markah]





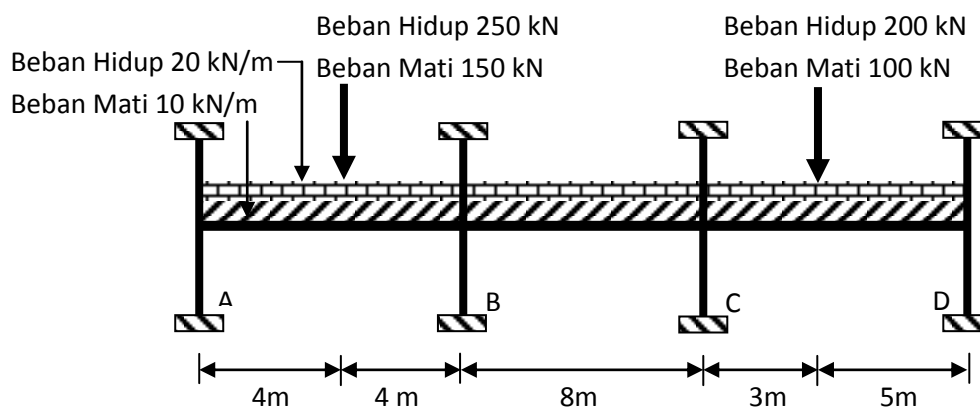
**Rajah 11**

7. (a) Terangkan (i) Struktur Kerangka Berembat, (ii) Struktur Kerangka Berisi, (iii) Plat Rata dan Papak Rata (iv) Papak Wafel Rata, sebagai bentuk struktur dan sistem lantai dalam bangunan tinggi.

[8 markah]

- (b) **Rajah 12** menunjukkan satu rasuk selangar yang membentuk sebahagian dari kerangka tegar. Tentukan nilai momen lentur maksima di setiap penyokong dan momen maksima di pertengahan rentang dengan menggunakan kaedah agihan momen dua kitaran.

[12 markah]

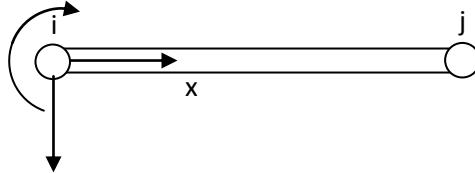


**Rajah 12**

## Appendix 1

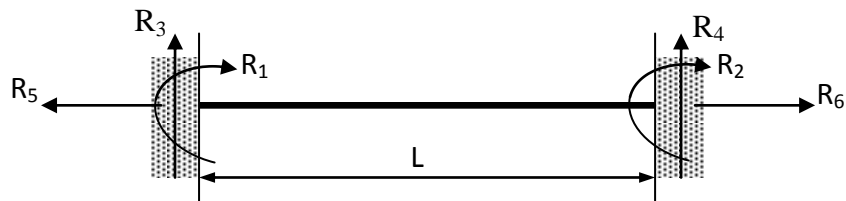
### Lampiran 1

a. Element stiffness matrix of a beam element:

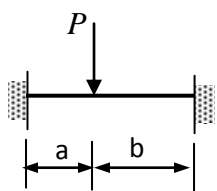
$$k = EI_z \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ -\frac{6}{L^2} & -\frac{2}{L} & \frac{6}{L^2} & -\frac{4}{L} \end{bmatrix}$$


where  $E$  : modulus of elasticity ,  $I_z$  : moment of inertia of section with respect to  $z$ -axis (an axis pointing towards the plane of the paper) and  $L$  : length of element

b. Fixed end forces



Type of loading	Moments	Vertical forces	Horizontal forces
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = -Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$



$$R_1 = -Pab^2/L^2$$

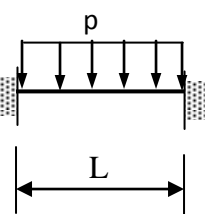
$$R_2 = -Pa^2b/L^2$$

$$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$$

$$R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$$

$$R_5 = 0$$

$$R_6 = 0$$



$$R_1 = -pL^2/12$$

$$R_2 = pL^2/12$$

$$R_3 = pL/2$$

$$R_4 = pL/2$$

$$R_5 = 0$$

$$R_6 = 0$$